

Vorwort

„Mach dir ein paar schöne Stunden – geh ins Kino“. Dieser Werbeslogan aus den 50er Jahren hat an Aussagekraft und Anspruch bis heute nicht verloren. Die Medienwelt und der Zeitgeist haben sich seitdem rasant verändert. Film, Werbeindustrie, Fernsehen und Internet werben weiterhin um den interessierten Zuschauer und Konsumenten. Der Film, früher für die Elite vorbehalten, wurde durch die industrielle Revolution zu einem Massenmedium.

Die Entwicklung der Filmtechnik ermöglicht es die Ansprüche an Information, Spannung, Action und Humor immer besser zu erfüllen. Illusion und Wirklichkeit vereinen sich und durch ausgefallene, atemberaubende Effekte des Filmtricks und der Technik sind immer phantasievollere Darstellungen möglich.

Bekannte, erfolgreiche Filme wurden mit Blue-oder Greenscreen gedreht und haben die Kosten für die Produktion um ein vielfaches eingespielt. Viele Effekte wären ohne dieses wichtigste Verfahren des Filmtricks undenkbar. Diese innovative Technik lässt sichtbare Kanten und aufgesetzt wirkende Hintergründe der Vergangenheit angehören und ermöglicht Darstellungen, die vor einigen Jahren noch unmöglich waren.

Durch mein Praktikum und jetzige Tätigkeit bei der Firma Pixomondo in Stuttgart konnte ich Erfahrungen mit Digitalem Compositing und Keying erwerben.

Meine Bachelorarbeit soll nun ein Filmprojekt unter Verwendung eines Greenscreens und Keyens darstellen und neue, heute angewendete, Techniken beschreiben.

Kurzfassung

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit dem Thema Keying. Sie ist in unterschiedliche Themenbereiche gegliedert. Zum ersten in einen theoretischen Teil welcher sich mit der Geschichte und der technischen Grundlage auseinandersetzt so wie einen praktischen Teil. Hierbei werden Keyverfahren sowie spezielle Methoden an dem Projektbeispiel „Fast & Furious Five“ veranschaulicht und vorgeführt.

Obwohl einige Beispiele mit dem Compositingprogramm Nuke demonstriert werden, soll diese Arbeit nicht als Anleitung oder Tutoriell verstanden werden. Desweiteren basiert diese Arbeit nicht ausschließlich auf dem Compositingprogramm Nuke sondern kann mit jedem Compositingprogramm, das die beschriebenen Funktionen enthält, realisiert werden.

1. Geschichte

“Mehr noch als die anderen technischen Neuerungen, die das Panorama der modernen elektrischen und elektronischen Kommunikationsarten bilden, war Film eine gemeinschaftliche Erfindung. Im Gegensatz zu Telefon, Telegraph und sogar Rundfunk beruht Film auf einer ganzen Serie kleiner Erfindungen, die jeweils anderen Erfindern zugeschrieben wurden. Einzelne Konzepte hatten sogar mehrere Urheber.“ (Monaco, S. 249)

Die Filmvorführung von Auguste und Louis Lumiere am 28. Dezember 1895 im Pariser „Grande Cafe“ wird als die Geburtsstunde des Kinos und damit des Films beschrieben.“ Die Lumieres stießen von der Fotografie zum Film. Sie sahen in der neuen Technik eine großartige Möglichkeit, die Realität wiederzugeben, ihre wirkungsvollsten Filme halten einfach Ereignisse fest: die Ankunft eines Zuges auf dem Bahnhof von Ciotat, Arbeiter, die die fotografische Fabrik der Lumieres verlassen.“ (Monaco, S. 308)

Die ersten Filme waren jedoch sehr kurz, bestanden immer nur aus einer Einstellung, die Kamera war unbeweglich und sie erzählten noch keine Geschichten.

Der Varietee-und Zauberkünstler , Georges Méliès, experimentierte zu dieser Zeit mit Stopptrick, Mehrfachbelichtungen und Überblendungen. Damit gelang ihm die Veränderung der Realität im Film und somit eine optische Täuschung. Zusehen in seinem Film „La voyage dans la lune“ (Die Reise zum Mond).Er gilt heute als Erfinder des Filmtricks.

Auf der Pariser Weltausstellung 1900, wurden erstmals die neusten technischen Entwicklungen, die für Herstellung der Filme benötigt werden, vorgestellt. Die meist in handwerklicher Arbeit hergestellten Apparate für die Filmproduktion wurden bald industriell erzeugt, die Verfeinerung der Technik verlangte Präzisionsarbeit, die nur durch Maschinen gewährleistet war.

Mit den Möglichkeiten, die dieses neue Medium brachte, wurden den Filmemachern neue Techniken in die Hand gegeben und sie konnten ihrer kreativen Phantasie freien Lauf lassen. Die Attraktion und der Neuheitswert des Frühen Films wurden bald durch die Erzählung von Geschichten noch interessanter für das Publikum.

Immer wichtiger wurden dabei die Schauspieler, sie –ähnlich dem Bau einer Bühne – vor neuen Hintergründen agieren zu lassen.

In Deutschland entstand der erste große „Specialeffect“-Film „Metropolis“ von Fritz Lang im Jahr 1927. Für den Film ließ Fritz Lang die futuristische Stadt „Metropolis“ als tischhohe Miniaturstadt bauen. Modellaufnahmen und Schauspieler wurden mittels Spiegeltrick kombiniert. Dafür muss die Kamera neben ein Modell und vor einem Spiegel gestellt werden, der im Winkel von 45 Grad zum Kameraobjektiv steht. Bei der Aufnahme filmt die Kamera durch den Spiegel die Schauspieler und durch die Spiegelung das seitlich stehende Modell. Heute hat der Spiegeltrick nur noch historische Bedeutung. Der Film „Metropolis“, gedreht in den Filmstudios Babelsberg, gehört zum UNESCO-Weltkulturerbe.

In Amerika war es Alfred Hitchcock der in seinen Filmen das Verfahren der Rückprojektion anwendete und weiter entwickelte. Bei der Rückprojektion agieren die Schauspieler vor einer Leinwand, auf deren Rückseite ein Projektor einen beliebigen Hintergrund werfen kann. Für diese „Kulissen“ reisten Kamera-Teams rund um die Welt und filmten Straßen von Nizza, London, Paris, Rom. Sein Film „Das Rettungsboot“ („Lifeboat“, 1943) wurde ausschließlich vor einer Hintergrundleinwand gedreht.

Mit dem Farbfilm verlor die Rückprojektion ihre Anwendungsmöglichkeiten. Das Farbbild benötigt eine stärkere Ausleuchtung der Akteure und vermittelt mehr optische Informationen, die eine optimale Abstimmung zwischen Vorder-und Hintergrund erfordern. Dem wirkte die Methode der Aufprojektion entgegen. Hier wird das Bild über einen Spiegel direkt in die Kamera

projiziert. Damit war das Bild kontrastreicher, konnte aber wiederum den Schauspieler überlagern. Es mussten andere Wege gefunden werden, um Darsteller in anderen Welten agieren zu lassen.

In Stanley Kubricks Film „2001: Odysee im Weltall“ (2001:A Space Odyssey“ 1968) hat ein Team von Fachleuten tricktechnisches Know-how, die Aufprojektion, auch Frontprojektion, angewendet. Dias, von einer Landschaft in Südwestafrika, wurden mittels halbtransparenten Spiegel auf eine hochreflektierende Leinwand projiziert. Durch diese Technik erhielt man realistischere Bilder als von anderen Verfahren die damals zur Verfügung standen. Inzwischen ist auch diese Methode durch computergestützte Bluescreen- Techniken abgelöst worden.

Mit Beginn des digitalen Zeitalters erfolgte ein Umbruch in der Filmgeschichte.

Im Film „Krieg der Sterne“ 1977 von George Lucas entstanden die meisten Spezialeffekte am Computer und mittels Elektronik. Er suchte nach Fachleuten, die die Tricktechnik beherrschten, die ihm für diesen Film vorschwebte, vergeblich. Er gründete die eigene Trickfilm-Firma, die „Industrial Light und Magic“ (ILM). War sie nur für „Krieg der Sterne“ geplant, entwickelte sie sich bald zur Firma für Visuelle-Effekte.

Die Weiterentwicklung der Hard- und Software, ermöglichte den Spezialisten die Anwendung der 3D-Animation in Fantasy- und Action-Filmen.

Martin Scorsese drehte erstmals in 3D und bringt 2011 mit „Hugo Cabret“ einen fantastischen Abenteuer- und Familienfilm ins Kino, der überwiegend im Studio gedreht wurde, und beeindruckende 3D Ausschnitte aus Méliès Werk „Die Reise zum Mond“ zeigt. Vergangenes wurde hier mit neuer Technik vereint.

Besonders stolz und glücklich sind die Mitarbeiter der Firma Pixomondo, die, für die besten Visuellen Effekte, den begehrten Oscar erhielten.

2. Einleitung

Die digitale Kombination verschiedener Bildelemente zu einem zusammengesetzten Bild ist in der heutigen Film und TV Produktion ein weit verbreitetes Verfahren. Damit wird es möglich, zum Beispiel einen Schauspieler oder ein Objekt kantenlos in eine neue Szenerie einzusetzen. Die Zusammensetzung setzt jedoch voraus, dass das gewollte Objekt aus einem anderen Bild extrahiert wird. Das Objekt vom restlichen Bild zu trennen, ist eine grundlegende Vorgehensweise um neue Kompositionen zu erstellen. Dieser Prozess der Freistellung, wird auch *Keying* oder *Matting* genannt. Da das Extrahieren von Objekten, als eines der Basisverfahren der visuellen Effekte, eine wichtige Rolle spielt, ist das *Keying* zu einem Standardverfahren für die Filmproduktion geworden. In Bezug auf die Top 20 der internationalen Filme aller Zeiten, wurde diese Freistellungstechnologie in allen Filmen angewendet, um visuelle Effekte zu produzieren. Um die Objekte freizustellen, wurde bei allen Filmen ein blauer oder grüner Hintergrund verwendet, wie in Abbildung 1 veranschaulicht wird.

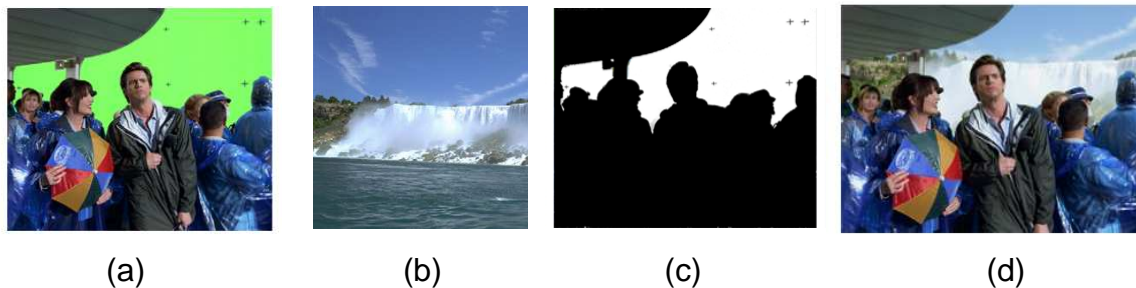


Abbildung 1: Die vier Elemente des Freistellungsverfahrens: (a) das Vordergrundbild, (b) das Hintergrundbild, (c) der freigestellte Vordergrund und (d) die fertige Komposition.

In den Anfängen der Filmproduktion wurden die Objekte herausgeschnitten und von Hand animiert. Andere Methoden benutzten photochemische Verfahren, um das gewollte Objekt zu isolieren. Durch die Entwicklung der Filmproduktion von Analogfilmbearbeitung hin zur digitalen Nachbearbeitung, wurden neue Freistellungsmethoden erfunden und mit Hilfe von Software realisiert. Anwendungen für spezielle visuelle Effekte ermöglichen dem Künstler, das Freistellen und Zusammensetzen in einem Bruchteil der Zeit umzusetzen, welche die Wegbereiter der Filmproduktion benötigten.

Abgesehen von zeitlichen Aspekten, ermöglicht die digitale Nachbearbeitung außerdem, dass der Freistellungsprozess stark kontrolliert wird: Eine Vielzahl von Optionen und Werkzeugen helfen dabei, präzise *Keying* Resultate zu entwerfen, sogar für solche Elemente wie feines Haar, halbdurchsichtige Kleidung oder zurückstrahlendes Wasser.

Um ein perfektes Keyergebnis zu bekommen ist die Vorbereitung so wie die Arbeit am Set genau so entscheidend wie später der Prozess am Computer. Diese Arbeit am Set wird im folgenden Abschnitt genauer betrachtet.

3. Grundlagen zum Keying

Damit eine Green-/Bluescreenaufnahme auch richtig funktioniert reicht es nicht aus den Schauspieler oder das zu filmende Objekt an die richtige Stelle zu platzieren. Es gibt einige Regeln, die beachtet und eingehalten werden müssen, um ein perfektes Ergebnis zu erzielen. Fehler, welche beim Dreh gemacht werden, haben Einflüsse auf die Postproduktion und letztendlich auch auf das Endprodukt.

In diesen Fällen kann man von einem Dominoeffekt sprechen welcher sich bis zum Schluss der Postproduktion durchziehen wird. Um ein optimales Ergebnis zu erlangen und das Keying nicht weiter zu erschweren sollte man sich an einige Regeln halten. Die nun aufgeführten Regeln habe ich im Studium kennen gelernt sowie bei meinem jetzigen Arbeitsgeber Pixomondo erworben und angewendet.

3.1 Die Auswahl der richtigen Farbe

Bei der Wahl für die Farbe des richtigen Hintergrundes sollte darauf geachtet werden das die Hintergrundfarbe nicht deckgleich mit der Farbe des Vordergrundes ist. Da bei der Aufnahme das Licht in die drei Grundfarben Rot, Gelb und Blau zerlegt wird ist es ratsam eine dieser Farben als seine Hintergrundfarbe zu bestimmen. Mischfarben sind hingegen nicht so gut geeignet und liefern eine schlechtere Qualität.

Beispiel: Eine rote Hintergrundfarbe scheidet aus, wenn sich ein Mensch vor der Kamera befindet → der Rotanteil in der Haut ist zu stark und würde dann in der Postproduktion zu einem mäßigen Keyergebnis führen. Die Farben Grün und Blau sind für die Aufnahmen mit Menschen gut geeignet, jedoch muss man bedenken, dass jede Farbe seine Vor- und auch Nachteile mit sich bringt. Früher wurde immer auf die Farbe Blau zurückgegriffen, weil diese den größten Unterschied in Helligkeit und Farbe zur menschlichen Haut darstellte. Auf Grund der Tatsache, dass in der heutigen Zeit immer mehr Filme mit Digitalkameras gedreht werden, wird der Blueescreen, auf Grund des hohen Farbrausches des Blaukanals, nicht mehr als Nummer eins favorisiert.

Der Greenscreen hat dagegen den Vorteil, dass er eine höhere Reflektivität aufweist, die zugleich auch ein Nachteil ist, da das Vordergrundobjekt viel mehr Spill vom Hintergrund abbekommt.

Einige Fachleute sehen die Problematik der richtigen Hintergrundfarben eher als eine Glaubensfrage an, als eine technische Frage. Die Auswahl der jeweiligen Verfahren sollte sich immer nach dem Vordergrundobjekt richten und welche Effekte, Darstellungen erzielt werden sollen.

Ein Objekt mit einer warmen Vordergrundfarbe sollte mit einer Bluescreen bearbeitet werden. Bei kalten Vordergrundfarben empfiehlt sich bevorzugt Greenscreen einzusetzen.

3.2 Den Richtigen Abstand zum Hintergrund wählen

Bei der Arbeit mit Schauspielern ist es ratsam diese mindestens 3m vor dem Hintergrund zu positionieren. Ist das Studio groß genug kann man sie auch bis zu 6m davor positionieren. Warum die Schauspieler nicht näher an den Hintergrund sollten - hat diese Gründe:

1. Die Schauspieler werfen einen Schatten auf den Hintergrund welcher in der Postproduktion schwierig zu entfernen ist.
2. Ein weiter Grund weshalb die Schauspieler genügend Abstand halten sollen ist die Reflektivität des Screens, was zu einer größeren Spillbildung führt.

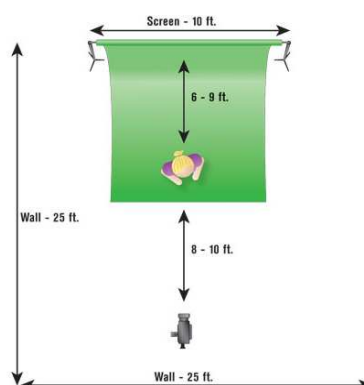


Abbildung 2: Beispiel für den Richtigen Abstand zur Greenscreen

3.3 Verwendung einer größeren Blende

Bei Aufnahmen mit einer Greenscreen ist es von Vorteil mit einer großen Brennweite und mit der größtmöglichen zur Verfügung stehenden Blende der Kamera zu arbeiten. Durch diese Einstellungen wird eine höhere Tiefenschärfe erzeugt. Dies hat zum Vorteil, dass der Hintergrund weichgezeichnet wird, und dadurch kleinere Falten sowie Unreinheiten auf den Hintergrund reduziert werden. Man kann auch noch einen Pohlfilter vor die Kamera schrauben, damit die Glanzpunkte auf dem Hintergrund eliminiert werden.

3.4 Mit unkomprimierten Material arbeiten

Für ein erfolgreiches Keying sind die Details an den Übergängen zwischen Hintergrund und Vordergrund von entscheidender Bedeutung. Es empfiehlt sich immer mit einem Material von mindestens 1080p oder 2k zu arbeiten. Bei einer Verwendung eines kleineren Filmformats wie PAL oder NTSC ist die Auflösung zwischen Vorder- und Hintergrund geringer - was schlechtere Qualität zur Folge hat. Erschwerend kommt noch hinzu, dass viele Kameras mit datenreduzierenden Formaten arbeiten. Wichtige Details werden zerstört, da eine große Anzahl der Datenreduktion die Farbinformation beinhalten. Es empfiehlt sich immer mit einer Farbtiefe von mehr als 8 Bit und einem Sampling von 4:4:4 zu drehen. Auf diese Weise ist die Datenrate des gedrehten Materials zwar sehr hoch, und eine Investition in eine weitere Festplatte empfiehlt sich, um damit eine bessere Qualität zu erreichen.

4. Die allgemeine Keying Gleichung

Keying ist eine der beliebtesten Techniken der visuellen Effekte, um Objekte aus einem Bild zu extrahieren. Es kann als der Prozess des Abtrennens eines Objekts vom restlichen Bild definiert werden, indem eine *Matte* kreiert wird, welche die Informationen zur Transparenz des ursprünglichen Bildes enthält. Ursprünglich war die *Matte* ein Steifen aus Monochromfilm, welcher mit einem Farbfilmstreifen überlagert wurde, sodass nur Teile des Filmes sichtbar waren. In der Computergrafik ist die *Matte* ein einkanaliges Bild, welches genutzt wird um die transparenten Bildteile der Vorder- und Hintergrundelemente der Komposition, zu definieren. Dieses Transparenz *Matte* gleicht einem „Alpha Kanal“.

Der Zweck des Freistellens besteht darin, eine *matte* zu produzieren, welche nur den ungewollten Hintergrund völlig transparent macht und das gewollte Vordergrundobjekt vollkommen sichtbar absetzt. Deswegen wird der Prozess des Freistellens auch als *Matting* bezeichnet. Jedoch bietet ein einfaches binäres *Matte* Konzept oft nicht die gewünschten Resultate für komplexere Szenen. Feine Details, wie zum Beispiel Haare, Rauch oder Schatten, können nur erhalten werden, wenn die *matte* auch halb-transparente Werte zwischen völlig unsichtbar (wie 0.0) und vollständig sichtbar (wie 1.0) unterstützt. Der *Keying* Prozess kann als das Gegenteil des Kompositionsprozesses verstanden werden. Laut Thomas Porter und Tom Duff, errechnet die generelle Kompositionsgleichung einen Pixelwert von C für eine Vordergrundfarbe F, eine Hintergrundfarbe B und deren Deckfähigkeit α .

$$C = \alpha F + (1 - \alpha)B \quad (1)$$

Da digitale Bilder in Fotografie, Film und Video meist als drei-kanalige Bilder aufgenommen, verarbeitet und gespeichert werden (hier als X, Y, und Z beschrieben), kann man die generelle Kompositionsgleichung zu einer drei-kanaligen Kompositionsgleichung mit 10 Variablen, verfeinern.

$$\begin{pmatrix} C_x \\ C_y \\ C_z \end{pmatrix} = \alpha \begin{pmatrix} F_x \\ F_y \\ F_z \end{pmatrix} + (1-\alpha) \begin{pmatrix} B_x \\ B_y \\ B_z \end{pmatrix} \quad (2)$$

C ist die sich ergebende Größe für den Kompositionsprozess ist, welche auch für den *Keying* Prozess üblich ist (C ist dabei das Bild, welches freigestellt wird). Deshalb ist *Keying* eine Gleichung mit sieben unbekannten Variablen. Um diese Aufgabe zu lösen, benutzen die meisten Freistellungstechniken eine der folgenden Anforderungen:

- **Ein kontrollierter Hintergrund:** Wenn entweder die Hintergrundfarbe einheitlich ist oder ein Bild der Szene ohne das gewollte Objekt vorhanden ist, kann B als bekannte Variable verstanden werden. So wird die Problemstellung auf vier unbekannte Variablen beschränkt, allerdings nur unter Einschränkungen. Ein weiterer Nachteil dieser Methode ist, dass sie sehr präzise Studiobedingungen voraussetzt. Insbesondere, da sogar die Hintergründe beleuchtet werden müssen, um eine beständige Hintergrundfarbe zu erhalten.
- **Mehrere Bilder:** Wenn das gewollte Objekt vor mehreren Hintergründen abgelichtet wird, ist es möglich, F zu triangulieren. Diese Herangehensweise bedarf jedoch noch stärker kontrollierten Studiobedingungen, welche nur für Standbilder anwendbar sind.
- **Mutmaßliche Kenntnis von Vordergrund- und Hintergrundbereich:** Wenn der Nutzer den Vorder- und Hintergrundbereich markiert, wird der übrige Bereich –der Grenzbereich des Vordergrundbildes, als unbekannter Bereich bezeichnet. Schaubild 2 zeigt solch eine Abbildung, auch *Trimap* genannt. Es existieren mehrere Herangehensweisen, welche diese Informationen nutzen, um die Transparenz Werte für den unbekannten Bereich, zu berechnen.

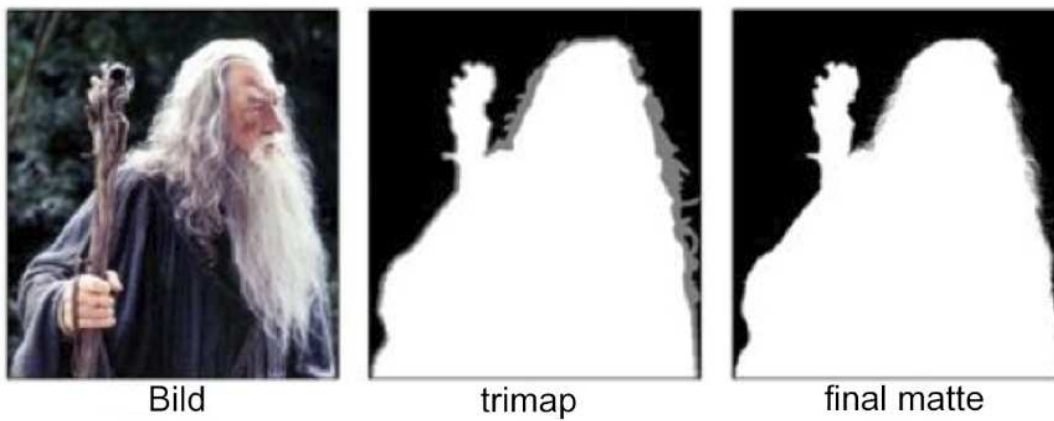


Abbildung 3: Ein Beispiel für eine *Trimap* für ein Bild: der vom Nutzer markierte Hintergrund wird schwarz wiedergegeben, der markierte Vordergrund weiß und der übrig gebliebene Bereich (der unbekannte Bereich), wird grau dargestellt.

5. Ähnliche Arbeiten und Herangehensweisen

Es gibt eine Vielzahl von *Keying* Ansätzen und jede besitzt Vor- und Nachteile für bestimmte Situationen. Eine herausragende Klassifizierung von unterschiedlichen *Keying*- und Kompositionsmethoden wurde von Yung-Yu Chuang aufgelistet. In diesem Abschnitt werden die gewöhnlichsten *Keying* Techniken vorgestellt. Da die Filmindustrie vor allem *Blue*- und *Greenscreen* Material arbeitet, werden ich mich vor allem auf die Ansätze konzentrieren, welche mit kontrollierten Hintergründen arbeiten.

5.1 Luma Keying

Eines der einfachsten Konzepte ist das *Luma Keying*. Da die meisten Videosignale (z.B. PAL, NTSC, oder SECAM) Informationen über die Helligkeit (Luminanz) unabhängig von der Farbinformation (Chrominanz) bereitstellen, ist es recht leicht eine *Matte* zu erstellen, welche nur auf Luminanzwerten basiert. Wenn das Bild im RGB Farbraum dargestellt wird, ist es hilfreich es zuerst in den HLS Farbraum umzuwandeln, um die Helligkeitswerte (L) direkt berechnen zu können. Wenn man einen einfachen Grenzbereich festlegt, ist es möglich, eine binäre *Matte* zu kreieren, indem man die Pixel auf völlig sichtbar und vollkommen unsichtbar einstellt, wie in Abbildung 4 dargestellt wird.

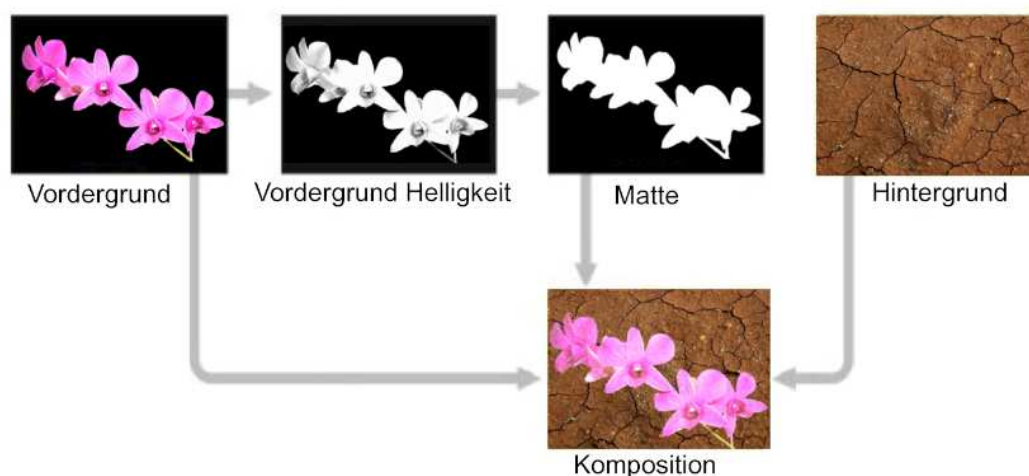


Abbildung 4: Ein Beispiel für einen *Luma Key*

Differenzierte *Keying* Software erlaubt es außerdem, Weichheit und Toleranzwerte zu definieren, wie in Abbildung 5 gezeigt wird. Weichheit beschreibt einen stufenweisen Übergang von vollkommen sichtbar zu unsichtbar (was wichtig ist um halbtransparente Objekte wie Glas oder Wasser freizustellen und Details wie Haare teilweise sichtbar zu erhalten). Toleranz beschreibt den Wertebereich um den Referenzbereich herum, welcher das sichtbare Maximum darstellt. Das Nutzen von Weichheits- und Toleranzbereichen ist nicht auf *Luma Keying* begrenzt, aber wird auch in den folgenden *Keying* Methoden verwendet.

Selbst wenn ein farbenblinder *Luma Keyer* nicht für den Großteil der Freistellungsarbeiten geeignet ist, könnte er dennoch bei speziellen *Keying* Arbeiten, wie zum Beispiel der Textextraktion (schwarzer Text auf weißem Hintergrund), hilfreich sein.

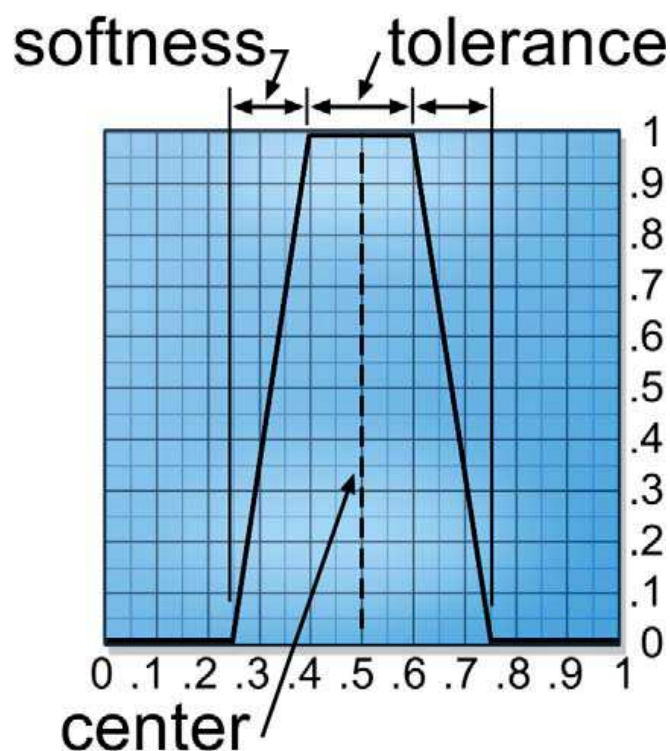


Abbildung 5: Toleranz- und Weichheitsbereich des *Luma Key*

5.2 Difference Keying

Eine *Difference Matte* beschreibt „eine *Matte*, welche durch den absoluten Wert der Differenz zweier Bilder erzeugt wird; eines mit dem gewollten Objekt anwesend und ein identisches ohne das Objekt“. *Difference Keying* ist nicht auf einen einfarbigen Hintergrund beschränkt, sondern erlaubt es, das gewollte Objekt vor jeder Art Hintergrund abzulichten. Abbildung 6 zeigt ein Beispiel eines *Difference Key*: der absolute Unterschied zwischen Vorder- und Hintergrundbildpixel bestimmt den Pixelwert der *Matte*.

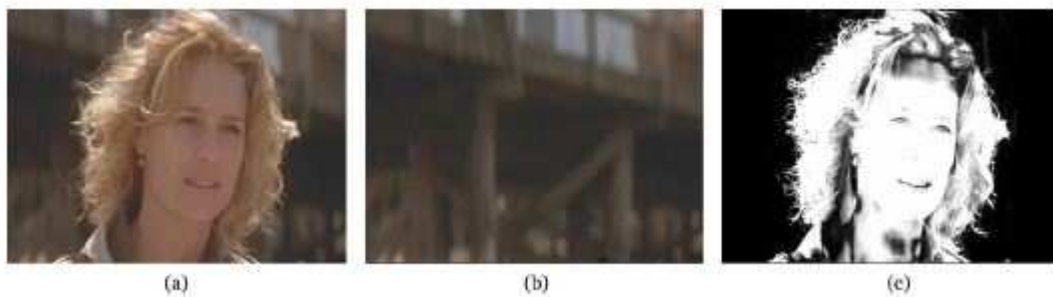


Abbildung 6: Ein Beispiel für den *Difference Keying* Prozess: (a) das Vordergrundbild, (b) das Hintergrundbild und (c) die daraus resultierende *Difference Matte*.

Flash Keying ist eine spezielle Art des *Difference Keying* insbesondere für Stilleben. Ein Objekt wird zweimal aufgenommen – einmal normal und einmal unter Verwendung des Blitzes. Wegen der Bereichseinschränkung von Blitzlicht, wird nur das Vordergrundobjekt belichtet aber nicht der Hintergrund. Demzufolge wird es möglich, den Unterschied zwischen beiden Bildern zu berechnen und daraus eine Maske zu erstellen.

Um Resultate von hoher Qualität zu erreichen, setzt der Subtraktionsprozess des *Difference Keying* übereinstimmende Hintergrundpixelwerte voraus. Die meisten Film-, Photographie- oder Videoaufnahmen erbringen jedoch nicht zweimal ein exakt identisches Bild, insbesondere durch Körnigkeit des Filmes, Bilddehnung oder Stauchung, Veränderung des Lichtes oder Veränderungen der Kameraperspektive.

5.3 Chroma Keying

Im wahrsten Sinne des Wortes, versteht man unter *Chroma Keying* einen *Matting* Prozess, welcher auf den Farbinformationen eines Bildes (H) basiert, während Luminanz- (L) und Farbsättigungswerte (S), ignoriert werden. Da *Bluescreen* Videos eine mehr oder weniger beständige Hintergrundfarbe bieten, ist es möglich einen *Key*, basierend auf den Farbinformationen, auszuführen.

Sogar professionelle *Bluescreen* Studios können jedoch nicht exakt die gleiche Hintergrundfarbe für das gesamte Bild erzeugen (wegen natürlichen Beschränkungen der Belichtungstechnik). Demzufolge wird die *Matte* M erzeugt, indem ein Toleranzwert T_h zu dem gewählten Wert von H, H_{key} festgelegt wird. Wenn der Wert H eines Bildpixels H_{pixel} innerhalb des Toleranzbereiches liegt, ist der *Matte* Wert dieses Pixels M_{pixel} auf 1 gesetzt, andernfalls auf 0.

$$M_{pixel} = \begin{cases} 1 & \text{wenn } (H_{key} - T_h) < H_{pixel} < (H_{key} + T_h) \\ 0 & \text{in allen anderen Fällen} \end{cases} \quad (3)$$

Infolgedessen kann ein *Chroma Key* auf jede willkürliche Farbe angewendet werden. Jedoch ist die Qualität des *Chroma Key* meist sehr begrenzt, insbesondere wenn komprimiertes Filmmaterial verwendet wird. Das beim Verbraucher gängige DV Format, zum Beispiel, komprimiert Bilder 4:1:1, was dazu führt, dass es zu Pixelfehlern im Farbkanal kommt.

5.3.1 HLS Keyer

Ein einfacher *Chroma Key* Ansatz kann dadurch verbessert werden, dass Sättigungs- und Luminanzinformationen ebenso wie ein definierter Toleranzwert (T), berücksichtigt werden. Ein *HLS Keyer* verarbeitet Farbton- (H), Luminanz- (L) und Sättigungswerte (S) eines Bildes und vermischt die Resultate für den endgültigen Wert der *Matte* (M). Wie in Abschnitt 5.1. bereits erwähnt, kann diese Methode noch verbessert werden, indem man zusätzlich einen Weichheitsbereich an H_{matte} , L_{matte} und S_{matte} anfügt.

$$\begin{aligned}
 H_{matte} &= \begin{cases} 1 & \text{Wenn } (H_{key} - T_h) < H_{pixel} < (H_{key} + T_h) \\ 0 & \text{in allen anderen Fällen} \end{cases} \\
 L_{matte} &= \begin{cases} 1 & \text{Wenn } (L_{key} - T_l) < L_{pixel} < (L_{key} + T_l) \\ 0 & \text{in allen anderen Fällen} \end{cases} \\
 S_{matte} &= \begin{cases} 1 & \text{Wenn } (S_{key} - T_s) < S_{pixel} < (S_{key} + T_s) \\ 0 & \text{in allen anderen Fällen} \end{cases} \\
 M_{pixel} &= \alpha H_{matte} + \beta S_{matte} + \gamma L_{matte} \\
 &\quad \text{Wo } \alpha + \beta + \gamma = 1
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

Trotz das die Grenzen der *HLS Keying* Methode harte Kanten aufzeigt, welche Verwischung, Auswaschung oder andere Kantenbearbeitung benötigen, gibt es mehrere kommerzielle Effekt Softwarepakete, welche *HLS Keyer* verwenden. Die Softwarefirma Discreet/Autodesk für Video- und Computergrafik hat zwei *HLS Keyer* in ihre Videoeffekt Software „Combustion“ eingebunden: den „Discreet Keyer“ und den „Diamond Keyer“.

5.3.2 Definition und Unterscheidung

Der Ausdruck *Chroma Key* wird heutzutage für eine Vielzahl von Methoden verwendet, welche eigentlich keine reinen *Chroma Keys* sind. Ein Grund für die unklare Verwendung dieses Ausdrucks ist wahrscheinlich die digitale Darstellung des Bildes im RGB Farbraum, welcher am weitesten verbreitet ist. *Keying* Algorithmen, welche ein Bild intern im RGB verarbeiten, arbeiten mit diesen drei Farbkanälen – und nicht mit Luminanz- oder Sättigungsinformationen. Obwohl auch diese *Keyer* von Produzenten oder Firmen *Chroma Keyer* genannt werden, unterscheidet sich ihr Ansatz deutlich von der beschriebenen *Chroma Keying* Methode. Deswegen sind die folgenden Ansätze nicht als *Chroma Key*, sondern als unabhängige Methoden aufgelistet.

5.4. Color Difference Keying

Die *Color Difference* Methode wurde 1964 von Petro Vlahos erfunden. Seine Verfahrensweise wurde ursprünglich für chemische oder optische Farbverarbeitung von Filmmaterial entwickelt. Die Kernidee des *Color Difference* Algorithmus für ein Bild F ist die Annahme, den Transparenz Wert basierend auf dem Unterschied zwischen den Farbkanälen R , G und B , festzulegen (siehe Abbildung 7). Für *Bluescreen* Material wird es durch den Unterschied zwischen dem Wert des blauen Farbkanals (F_B) zu entweder dem roten (F_R) oder dem grünen Wert (F_G) festgelegt:

$$\alpha = F_B - \text{MAX}(F_R, F_G) \quad (5)$$

Obwohl dieser Ansatz ursprünglich erfunden wurde, um *Mattes* für Filmmaterial zu kreieren (und nicht für digitale Bilder), wurde er später in der Hardware für analoge Videosignale angewendet und findet seit 1995 auch in Software Anwendung, verbreitet durch die von Vlaho gegründete Firma Ulimatte. In dem Artikel "Blue Screen Matting" von Alvy Ray Smith und James Blinn aus dem Jahre 1996 zeigt im Detail, wie Vlaho's Kernidee über die Jahre verbessert wurde. Folglich hält die Firma Ulimatte eine Vielzahl von

Patenten die mit der Verbesserung der *Color Difference* Methode zusammenhängen. Dies könnte der Grund sein, warum Ultimatte die einzige Firma ist, welche professionelle *Keying* Software basierend auf der *Color Difference* Methode, anbietet.

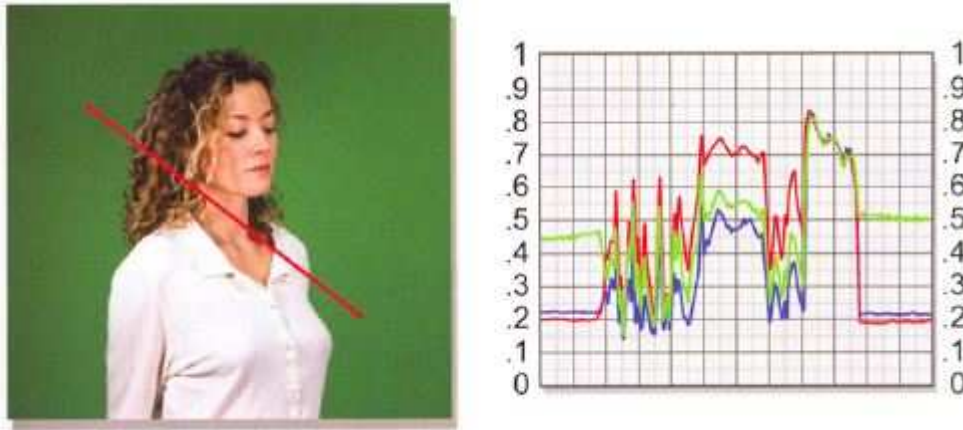


Abbildung 7: Eine Farbkanal Schnittlinie durch ein Bild und der dazugehörige Schnittgraph. Die *Color Difference* Methode berechnet eine *Matte* basierend auf dem Unterschied zwischen R, G und B Werten.

5.5. 3D Keying

3D Keying beschreibt einen *Matting* Prozess basierend auf der Darstellung eines Bildes in einem drei-dimensionalen Raum wie RGB oder HLS.

Abbildung 8 zeigt, wie ein Bild in einem 3D Raum dargestellt werden kann, indem man jeden Bildpixel als einen Punkt im RGB Farbraum einzeichnet. Das Hintergrundbild wird durch eine (blaue) kompakte Pixelwolke dargestellt, wohingegen das Vordergrundobjekt einen längeren Pixelbereich zeigt (welcher von Dunkelrot über Braun bis Hellgelb reicht).

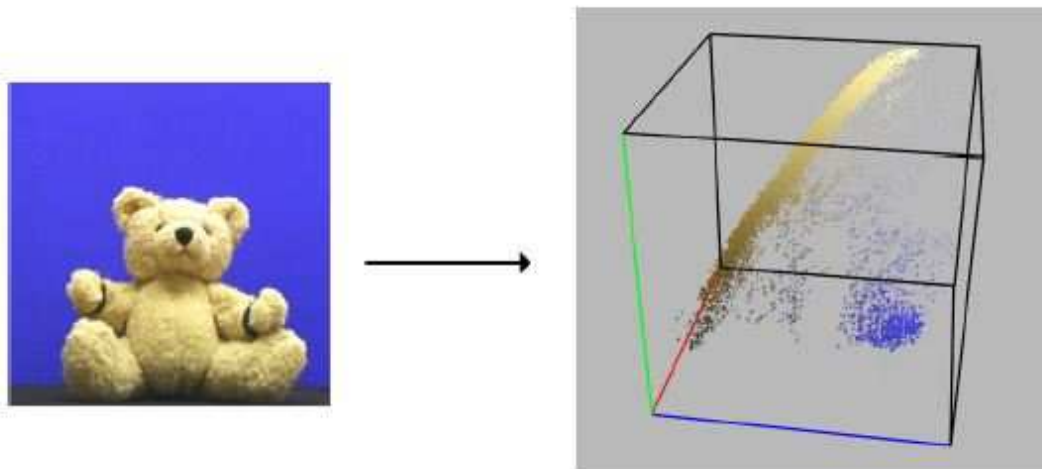


Abbildung 8: Ein RGB Bild eingezeichnet in einen drei-dimensionalen Raum

Die Grundidee des *3D Keying* ist, die Oberflächen und 3D Formen dazu zu verwenden, die Wolke aus Hintergrundpixeln vom restlichen Bild zu trennen. Laut Alvy Ray Smith und James Blinn werden diese Methoden „Flächentrennungsmodelle“ genannt. Normalerweise werden zwei Trennungsformen gebraucht: Umriss S1 definiert den Toleranzbereich, bedeckt von Umriss S2, welcher den Weichheitsgrad angibt. Wie auf der Internetseite (<http://www.primatte.com/whitepapers/popup.cfm?id=9>)¹ erklärt wird, ist die einfachste Methode, einen Umriss (S1) in diesen Raum einzusetzen, welcher die Ansammlung der Hintergrundpixel bedeckt und den Toleranzbereich darstellt, wie Abbildung 9 deutlich macht. Alle Pixel innerhalb dieses Wirkungskreises werden vollständig unsichtbar gemacht. Die Koordinaten dieses Kreises können dadurch festgelegt werden, dass eine

¹ aus --> <http://www.primatte.com/whitepapers/popup.cfm?id=9> - Stand.19.02.2012

Probe eines Hintergrundpixels vom Benutzer entnommen und ein Durchschnittswert erstellt wird.

Um eine weiche *Matte* für halbtransparente Pixel zu erreichen, kann ein zweiter, größerer Kreis (S_2) mit demselben Bezugspunkt erstellt werden, welcher den Weichheitsbereich darstellt. Abbildung 9 zeigt, dass die Pixel welche sich innerhalb des S_1 Kreises befinden, völlig transparent gesetzt werden, die Pixel außerhalb S_2 sind vollkommen sichtbar und die Pixel innerhalb S_2 , aber außerhalb S_1 sind halbtransparent. Die halbtransparenten Werte werden basierend auf dem bestimmten Abstand zwischen Pixelkoordinaten und entweder dem Bezugspunkt oder den Flächen S_1 und S_2 , berechnet.

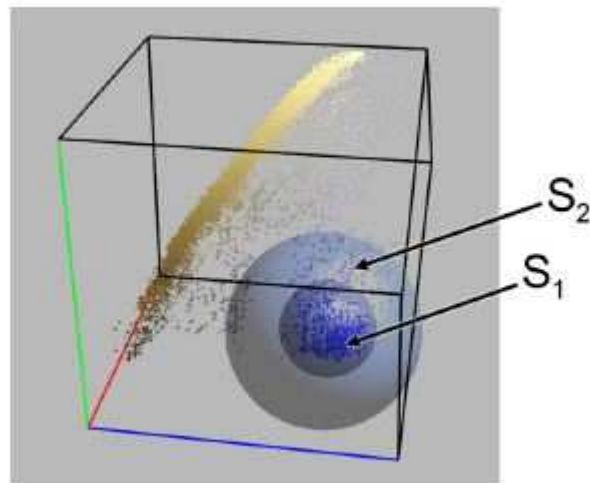


Abbildung 9: Die Ansammlung von Hintergrundpixeln bedeckt vom inneren Toleranzkreis S_1 und dem äußeren Weichheitsbereich S_2 (Quelle:

Normalerweise kann jede beliebige dreidimensionale Form für diese Trennung genutzt werden, aber besonders konvexe Schalenkörper eignen sich um S_1 und S_2 Bereiche zu kreieren. Deshalb ist die Mitwirkung des Nutzers notwendig: mehrere Hintergrundpixel werden markiert, sodass der kugelförmige Körper so verändert wird, dass er diese Pixel bedeckt. Indem man die Vordergrundpixel markiert, werden alle Pixel mit diesen Werten von dem kugelförmigen Schalenkörper ausgeschlossen (siehe Abbildung 10).

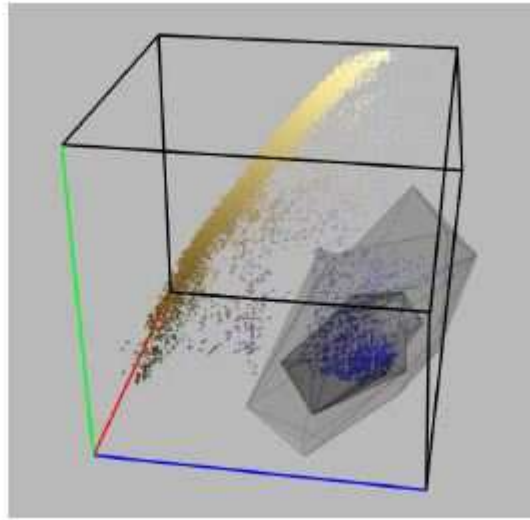


Abbildung 10: Die Pixel werden von konvexen Schalenkörpern abgedeckt.

Zurzeit gibt es zwei professionelle Anwendungen auf dem Markt, mit welchen man *3D Keying* mit Trennungsformen durchführen kann: Der „Primatte Keyer“ von Imagica und der „Modular Keyer“ von Discreet/Autodesk. Sie unterscheiden sich in der Handhabung der dreidimensionalen Formen und der Nutzereinwirkung.

Der „Primatte Keyer“ wurde ursprünglich 1992 von Yaz Mishima entwickelt und auf der achten NICOGRAPH Konferenz vorgestellt. „Primatte“ nutzt Polyeder mit 128 geraden Flächen um die Pixel zu trennen, wie in Abbildung 11 dargestellt wird. Anstelle von nur zwei Formen für Toleranz und Weichheit, benutzt „Primatte“ einen Algorithmus der eine zusätzliche Form enthält, welche den Raum definiert, wo Farbaustritt gedämpft wird. Die Verfeinerung dieser Form wird im Hintergrund ausgeführt und ist somit nicht sichtbar während die Software bedient wird.

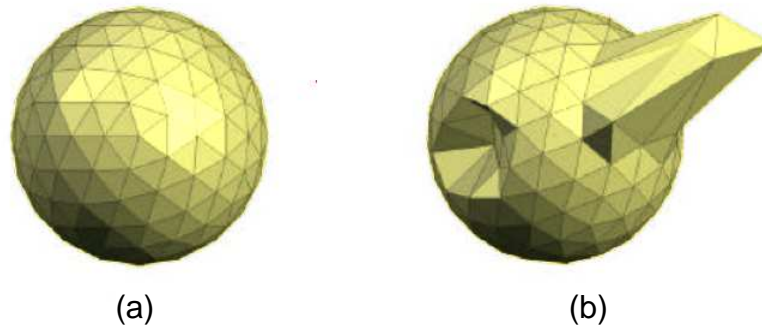


Abbildung 11: Ein Beispiel eines Polyeder mit 128 geraden Flächen: unbearbeitet (a), und bearbeitet unter Nutzereintwirkung (b).

Der „Modular Keyer“, welcher 1998 entwickelt wurde, war der erste *3D Keyer* von Descreet/Autodesk. Die Entwickler reagierten auf die Nachfrage der Künstler und Anwender ihrer Software für visuelle Effekte – die Notwendigkeit für einen schnellen und präzisen *Keyer*, welcher direkt reagiert. Der „Modular Keyer“ zeigte zum ersten Mal eine graphische Umsetzung des tatsächlichen 3D Histogramms und erlaubte eine direkte Manipulation der dreidimensionalen Punktwolke.

Die modellierten konvexen Schalenkörper sind jedoch zu komplex für eine schnelle Berechnung und Reaktion. Deshalb berechnet der „“ automatisch das „kleinstmögliche Ellipsoid, welches alle ausgewählten Punkte einbezieht. Dies wird als Minimalform bezeichnet. Wie in Abbildung 12 dargestellt wird, ist der konvexe Schalenkörper von einem minimalen Ellipsoid bedeckt, welches einfacher und schneller zu berechnen ist.

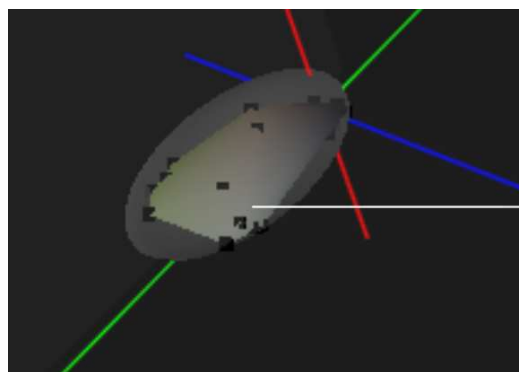


Abbildung 12: Um die Berechnungszeit zu reduzieren, kreiert der „Modular Keyer“ ein Minimaellipsoid aus dem gewölbten Schalenkörper

5.6 Alternative Keying Methoden

Die Methoden welche bereits aufgelistet wurden, konzentrieren sich alle auf konventionelle Aufnahmen (z.B. mit einer normalen Videokamera) und das Kreieren einer Maske durch Bildbearbeitung. Außer diesen gibt es jedoch noch weitere *Keying* Methoden, welche besondere Aufnahmegeräte einsetzen, um das Ausgangsmaterial zu verbessern. Das Sammeln von zusätzlichen Daten, erhöht die Anzahl der Informationen, welche wir für das Lösen der allgemeinen *Keying* Gleichung verwenden können (siehe Gleichung 2).

Moshe Ben-Ezra belichtet das Set mit polarisiertem Licht, welches üblicherweise nicht polarisiert von Haut und normalen Oberflächen reflektiert, aber von speziellen Textilien oder Materialien polarisiert reflektiert wird. Der Unterschied zwischen den reflektierten Signalen wird genutzt, um eine *Matte* zu kreieren. Der Vorteil davon ist die Unabhängigkeit der Farbe des Vordergrundobjekts vom Hintergrund. Es ist nicht notwendig, das Set präzise zu belichten, um bestimmte Farben für das Vordergrundobjekt zu vermeiden oder auf Farb-Spill Acht zu geben. Der Nachteil sind die hohen finanziellen Kosten für die reflektierenden Materialien und die Aufnahme- bzw. Verarbeitungshardware des polarisierten Signals.

Eine andere Methode benutzt Infrarotes Licht um den Abstand jedes Pixels von der Kamera zu messen, weshalb dieses Verfahren auch *Z-Keying* genannt wird. Durch das Nutzen der Tiefeninformationen wird es möglich, einen Grenzbereich festzulegen und nur Objekte auszuwählen, welche sich innerhalb des gewollten Z-Bereiches befinden.

Die Methode, die von Kazutaka Yasuda, Takeshi Naemura, und Hiroshi Harashima Thermo-key genutzt wird, nimmt außerdem die abgestrahlte Temperatur auf und kreiert eine *Matte* indem es warme von kalten Regionen trennt. Der Nachteil dieser „Thermo“-*Matte* ist, dass nur lebende Objekte, und nicht feine Details wie Haare, richtig freigestellt werden können.

5.7 Zusammenfassung

Tabelle 1 stellt einen Überblick dar, um die beschriebenen *Keying* Methoden zusammenzufassen.

Methode	Prinzip	Software
<i>Luma Keying</i>	Berechnet die Pixelwerte gemäß ihrer Brillanz (Luminanz)	In der meisten Video-Effekt Software enthalten, wie in „AfterEffect“ oder „Nuke“
<i>Difference Keying</i>	Berechnet eine <i>Matte</i> indem das Vordergrundbild von einem blanko-Hintergrund subtrahiert wird	In der meisten Video-Effekt Software enthalten, wie in „AfterEffect“ oder „Nuke“
Einfaches <i>Chroma Keying</i>	Berechnet eine <i>Matte</i> basierend auf dem Farbton Unterschied eines Pixels zum gegebenen <i>Keying</i> Wert	In Verbraucher Video-Bearbeitungswerkzeugen enthalten, wie „Ulead Media Studio“
<i>HLS Keying</i>	Berechnet eine <i>Matte</i> basierend auf dem Unterschied der Pixelwerte zu den <i>Keying</i> Werten in Bezug auf Farbton, Brillanz und Sättigung.	„Combustion Discreet Keyer“, „Combustion Diamond Keyer“, „Shake“ oder „AfterEffects“
<i>Color Difference Keying</i>	Berechnet einen Pixel-Transparenz Wert basierend auf dem Unterschied zwischen Rot-, Grün- und Blauwerten	„Ultimatte“
<i>3D Keying</i>	Bildet alle Pixel eines Bildes in einem drei dimensional Farbraum (RGB) ab, trennt diese mit	„Primatte“ und „Autodesk Modular Keyer“

	Hilfe von 3D Formen und berechnet deren Transparenz basierend auf dem räumlichen Abstand zum <i>Keying</i> Wert	
Alternative Methoden	Andere Methoden erfassen zusätzliche Messwerte eines Sets mit Hilfe von infrarotem Licht, Wärmemessung oder polarisiertem Licht	Noch nicht in kommerzieller Software realisiert

Tabelle 1: Ein Überblick über die gebräuchlichsten *Keying* Methoden

Die Arten der visuellen Effekt- Software Produkte, welche auf dem Markt existieren, können ungefähr in die drei folgenden Gruppen zusammengefasst werden:

1. Professionelle Effekt Systeme- wie Discreet/Autodesk Flint, Flame, Inferno, Quantel iQ oder Avid Media Composer. Diese noblen Produkte werden meistens mit einer speziell eingestellten (UNIX) Hardware verkauft, deshalb werden sie auch „Systeme“ genannt. Sie beinhalten meist ein selbst entwickeltes *Keying* Modul basierend auf *Color Difference* oder *3D Keying* und ermöglichen dem Benutzer eine Vielzahl von Optionen für den *Keying* Prozess einzustellen, wie zum Beispiel *Matte* Verbesserungswerkzeuge oder eine komplexe GUI *Keying* Darstellung.
2. "Ottonormalverbraucher" Effekt Software- wie Adobes After Effects, Discreet/Autodesk Combustion oder Apple Shake. Diese Softwarepakete stellen meist *HLS Keyer* bereit und bieten vor allen auch Zusatzprogramme an für anspruchsvollere *Keying* Module.

3. *Plug-in* Lieferanten- wie Ultimatte oder Primatte. Die Erfinder der *Color Difference* und der *3D Keying* Methode bieten ihre Software als Add-Ons für die meisten Effekt Softwarepakete.

Wenn man die Produkte der visuellen Effekte Softwareindustrie als eine Anzeigerichtung dafür nimmt, welche *Keying* Methoden die meistversprechenden Resultate hervorbringt, kann man zwischen zwei Hauptmethoden unterscheiden. Über die letzten Jahre hat sich die Industrie der visuellen Effekte auf drei Hauptmethoden spezialisiert: *HLS Keying*, *Color Difference Keying* und *3D Keying*. Auch wenn mehrere *Keying* Methoden mit verschiedenen Vor- und Nachteilen existieren, scheint die Industrie diese drei *Keying* Werkzeuge zu bevorzugen.

Die Gründe dafür könnten vor allem die lange Tradition von *Bluescreen* und *Greenscreen* Verfahren sein, welche einen Standard für das *Keying* in der Filmindustrie gesetzt haben. Dies schließt alternative *Keying* Methoden für tägliche Freistellungsproduktion in der Filmindustrie aus. Des Weiteren scheinen *Keying* Methoden mit vielen Voraussetzungen für die Aufnahme wie *Difference Keying* oder *Thermo Keying* anderen, flexibleren Methoden gegenüber unterlegen zu sein, da sie so begrenzt sind. Der Markt scheint mehr Nachfrage für diejenigen *Keying* Werkzeuge zu haben, welche ein breiteres Feld an Anwendungen, als an Werkzeugen, aufweisen und welche außerdem Lösungen für spezielle Situationen anbieten.

6. Keying am Projektbeispiel „Fast & Furious Five“

Kinostart für den Film „Fast & Furious Five“ war der 28. April 2011. Ein mit Hochspannung erzeugender Actionfilm der Universal Studios aus den USA. Es ist bereits der 5. Teil der Erfolgsreihe „Fast and Furious“. Die Produktionskosten für diesen Film beliefen sich auf ca. 125 Mio. Dollar. Die VFX-Firma Pixomondo erhielt 2010 den Auftrag eine ca. 10-minütige Sequenz des Actionfilms zu bearbeiten. Da ich zu diesem Zeitpunkt mein Praktikum absolviert habe, erhielt ich die Möglichkeit an einigen Shots mitzuarbeiten.

Der folgende Shot zeigt eine Greenscreen-Aufnahme mit dem Hauptdarsteller Vin Diesel. (siehe Abbildung 13)

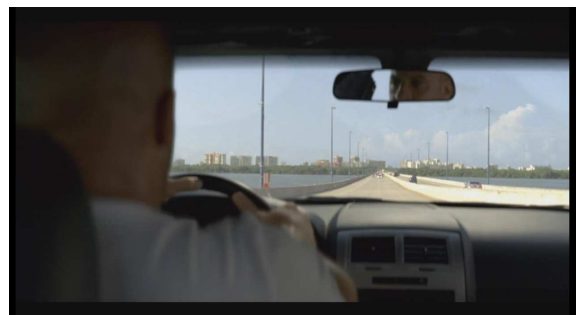
Die Aufgabe bestand darin, den Hintergrund so zu ersetzen, dass eine fotorealistische Bildkomposition entsteht.

Wir, bei Pixomondo, nutzen für solche Aufgaben das Compositingprogramm Nuke von The Foundry.

Dieses Programm besitzt eine "grafische Benutzeroberfläche basierend auf Nodes. Ein Node beschreibt eine Operation im Compositingskript. Dieser kann Bilddaten, Manipulationen oder Effekte enthalten. Nodes werden in einer Baumstruktur miteinander verknüpft und beeinflussen das Endergebnis.“¹



(a)



(b)

Abbildung 13: (a) Original, (b) fertige Komposition

¹ aus --> [http://www.römer.de/index.php/Nuke_\(Software\)](http://www.römer.de/index.php/Nuke_(Software)) - Stand.18.02.2012

6.1.1 Den optimalen Key

Den optimalen Key, welcher beim ersten Klick funktioniert, gibt es nicht. Es gibt auch keinen Key, der ohne Änderung bei einem zweiten Shot funktionieren wird. Es ist immer erforderlich, dass man, entsprechend der vorliegenden Einstellung, den Key optimiert und ihn „unterstützt“.

Ziel des Keyingprozesses ist es, eine Maske zu generieren, die solid ist, das heißt, dass sie innerhalb des Vordergrundobjekts 100% sichtbar sein muss.

Gleichzeitig sollen jedoch kleine und feine Details, wie z.B. Haare oder Verläufe durch Bewegungsunschärfe (Motionblur), erhalten bleiben.

Die folgenden Punkte zeigen ein paar Möglichkeiten, um den Weg zu einem perfekten Key zu ebnen.

6.1.2 Holdoutmatte

Eine Holdoutmatte maskiert den Bereich des Bildes, welcher vom Keyer nicht beachtet werden soll. Im Regelfall sind dies Bildausschnitte, in denen die zu keyende Farbe vorkommt oder in Bereichen in dem diese zum Teil enthalten ist. Was zur Folge hat das diese Bereiche später auch transparent oder halbtransparent werden.

Der schnellste, und in manchen Situationen einzige Weg, ist es eine Maske per Hand zu erstellen und diese über die Zeit zu animieren, da wir nicht wie in der Fotografie nur ein Standbild bearbeiten müssen sondern eine Bildsequenz. Der Nachteil dieser Methode ist jedoch der sehr aufwendige und zeitraubende Bearbeitungsaufwand. Es gibt jedoch ein Verfahren, welches es uns ermöglicht eine Holdoutmatte automatisch zu erstellen.

Es kommt ein zweiter Key zum Einsatz.

Dieser Keyer wurde so eingestellt, dass er eine solide Maske mit harten Kanten erstellt.

Nach diesem erstellten Key wird eine Dilationsoperation durchgeführt. Das heißt die Maske wird geschrumpft.

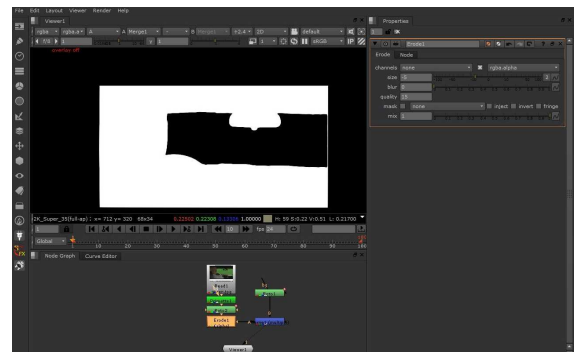
Zu guter letzt wird die Maske durch eine Blueroperation nochmal weichgezeichnet um einen besseren Übergang an den harten Kanten zu ermöglichen. Diese Maske kann nun in den Holdout-Eingang des Keyers gesteckt werden, diese maskierten Bereiche werden nun nicht mehr vom Keyer berücksichtigt und ermöglichen dadurch ein besseres Keyresultat.

Beim erstellen dieser Maske kann es passieren das viel Detail am eigentlichen zu keyenden Objekt verloren geht. Dies spielt aber keine Rolle, da diese Details Später mit Hilfe eine anderen Keys wieder zurückgeholt werden.

In unserem Beispiel würde man, wie in Abbildung 14 zu sehen, eine solche Maske generieren.



(a)



(b)

Abbildung 14: (a) Original, (b) generierte Holdoutmatte

6.1.3 Garbagematte

Eine Garbagematte maskiert die Bereiche im Bild, welche "Abfall" darstellen. Dazu gehören unter anderem Trackingmarker, Vignettierung (Abschattungen an den Bildrändern) oder andere überflüssige Bildinhalte, die im späteren Compositing keine Verwendung finden.

Eine vollständige Automatisierung, wie bei der in Punkt 6.1.2 eingeführten Holdoutmatte, ist bei der Erstellung einer Garbagematte leider nicht möglich. Durch die Bewegungsunschärfe entstehenden Verläufe würden eine prozedurale Garbagematte immer nur einen Teil des Verlaufs maskieren oder aber so klein sein, dass sie ihren Zweck nicht erfüllen kann.

Jedoch mit einigen Vorüberlegungen lässt sich das erstellen einer Garbagematte zumindest zum Teil selbstautomatisieren.

Trackingmarker zum Beispiel kann man am leichtesten eliminieren, indem man Masken erstellt welche eine kreisförmige Form nachweist, und diese Maske über den jeweiligen Marker platziert und daran trackt. Genau so kann auch bei anderen überflüssigen Objekten im Bild verfahren, wie Kameras, Lampen oder Mikrofone. Bei Abschattungen oder ähnlich größeren Störungen reicht auch eine sehr grob animierte Maske aus.

Wenn man diese kleine Masken alle zusammenfügt erhält man eine gute Garbagematte welche alle Störungen im Bild eliminiert.

In unserem Beispiel sieht man Abbildung 15 das an dem Hintergrund mehrere Trackingmarker angebracht sind. Diese sollte man mit Hilfe von Garbagemattes entfernen. Das heißt eine Maske um den betreffenden Bereich mit den Trackingmarkern ziehen, um diese vom Hintergrund zu eliminieren.

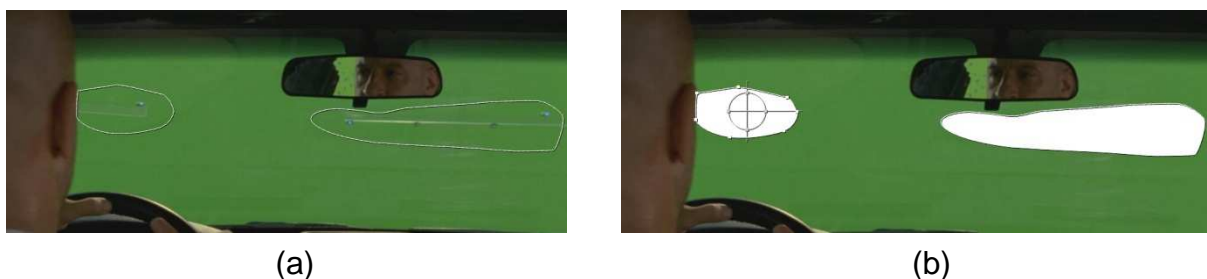


Abbildung 15: (a) zeigt Original Bild mit Trackingmarker, (b) zeigt entfernte Trackingmarker mit Hilfe generierte Garbagemattes

6.1.4. Mehrere Keyer

In einem Bild, das eine Greenscreen im Hintergrund enthält entdeckt man die verschiedensten Situationen:

- Es gibt Stellen die wenige Details beinhalten,
- Bereiche mit vielen Details,
- mit weichen Verläufen
- und harten Übergängen.

Es gibt bis jetzt noch keinen Keyer der es ermöglicht auf all die aufgezählten Möglichkeiten gleich gut zu berücksichtigen. Aus diesem Grund muss man sich immer auf einen Teilbereich konzentrieren z.B. für die Haare, Gegenstände, Kleidung oder sonstigen Fällen. Deshalb liegt es nah, dass für jede Problemstellung ein separater Key verwendet wird, welcher eine Teilmaske für den Betreffenden Bereich erstellt, und zum Schluss zu einer finalen Maske zusammengesetzt werden kann.

Auf diesem Weg wird eine optimale Qualität gewährleistet, wobei die Masken an den einzelnen Stellen perfekt funktionieren.

Was soviel bedeutet: das nur ein Keyer für den Kopf gedacht ist und ein anderer für die Motorhaube. Diese Keyer werden dann zum Schluss mit Hilfe mehreren Masken und Keymixes zusammengefügt (siehe Abbildung 16).

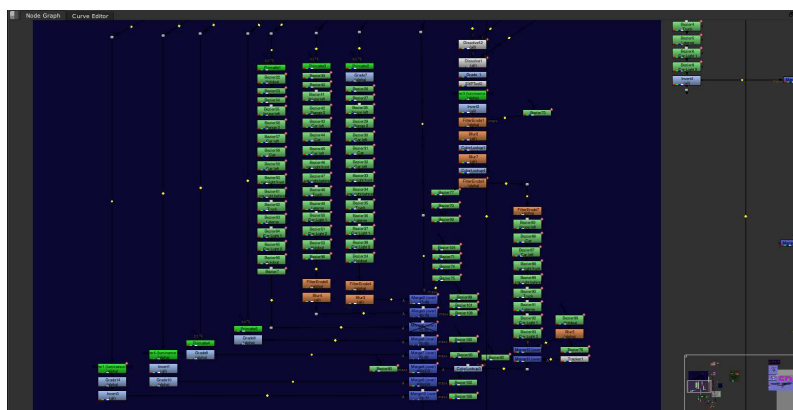


Abbildung 16: zeigt den Zusammenbau mehrere Keyer mit Hilfe von Masken

6.2 Despill

Der SpillEffekt entsteht durch reflektierendes Licht des Green/Bluescreen und färbt den entsprechenden Vordergrund grün oder blau ein.

Die Reflexionen treten in den meisten Fällen an den Kanten auf z.B. an den Schultern oder den Haaren einer Person.

Ein guter Keyer hat die Aufgabe diese eingefärbten Bereiche nicht wegzukyeen, sondern so farbzukorrigieren das diese dem Hintergrund angepasst werden.

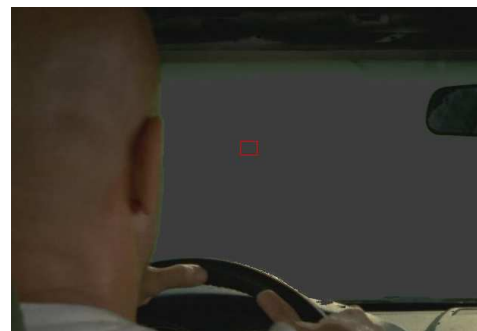
Viele Keyer haben eine Despilloperation mit integriert, was soviel bedeutet das bei einem Greenscreendreh alle zu starken Grünwerte abgesenkt werden.

Der Nachteil ist jedoch das es zu einer Farbveränderung im kompletten Bild führen kann. Deshalb ist es zwingend erforderlich das die Despilloperationen ausschließlich an den Kantenbereichen auszuführen sind, um die Farbigkeit des Bildes zu erhalten.

Das Beispiel in Abbildung 17(a) zeigt eine Nahaufnahme eines Greenscreens und Kopf des Darstellers. Die nächste Abbildung 17(b) zeigt die Verunreinigung welche der Greenscreen hinterlassen hat nachdem das Vordergrundbild über einen neutralen grauen Hintergrund gecompt worden ist. Ohne irgendwelche spillreduzierenden Maßnahmen durchzuführen.



(a)



(b)

Abbildung 17: (a) zeigt das Original, (b) zeigt den Vordergrund auf grauen Hintergrund gecompt.

All diese Verunreinigungen müssen in der fertigen Komposition entfernt werden, damit ein fotorealistisches Bild entstehen kann. Und die Despilloperation macht diesen Job.

Grob zusammen gefasst, entfernt die Despill-Operation das überschüssige Grün aus der Greenscreen-Aufnahme. Die Despilled-Version des Greenscreen wird dann als Vordergrund verwendet.

Eine vereinfachte Flowgraph stellt diese Operation in Abbildung 18 dar. Das Greenscreenmaterial (bezeichnet als "GS" in dem Flowgraph) wird in zwei Äste aufgeteilt. Ein Zweig wird verwendet um die Matte zu erstellen und die andere ist die despilled Variante für die finale Komposition.

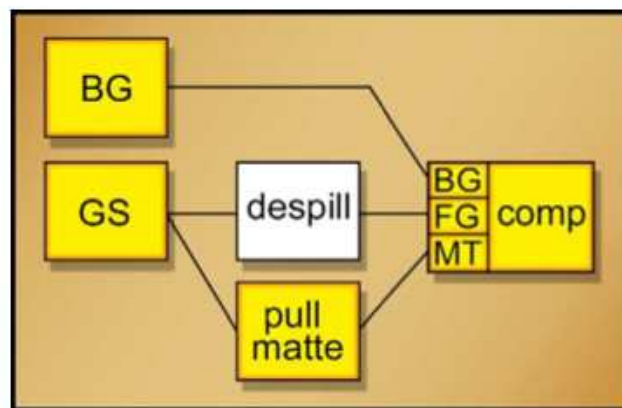


Abbildung 18: Flowgraph einer klassischen Despilloperation

Ich möchte an dieser Stelle das Thema Despill noch erweitern und ein paar Möglichkeiten aufzeigen, wie mit Hilfe von Expressions eine schnelle Despill-Version für das Greenscreenmaterial erstellt werden kann.

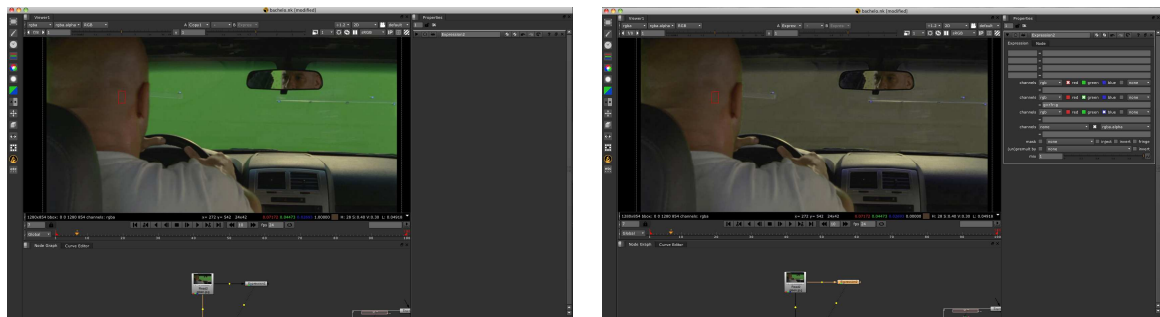
6.2.1 Despill mit Expressions

Ein Expression ist ein Konstrukt, welche einen Wert liefert, sprich einer gegebenen Semantik in Bezug auf einen Kontext auswertet.

Ein Beispiel hierfür ist die Expression: $g > r ? r : g$

Diese sagt aus:

„Wo Grün größer ist als Rot wollen wir Rot haben in allen anderen Bereichen wollen wir Grün“



(a)

(b)

Abbildung 19: (a) zeigt das Original, (b) zeigt das Bild mit der oben genannten Expression

Was ist passiert?

Unser Grün ist verschwunden und hat nun dieselben Farbwerte wie im Rotkanal. Die anderen Bereiche sind nicht angegriffen worden (siehe Abbildung 19). Das bedeutet, dass die Gesichtsfarbe identisch mit dem Ausgangsmaterial ist. Auf diese Art und Weise ist ein schneller Despill entstanden, welcher aber noch einige Nachteile aufweist. Einmal lässt sich die Despillfarbe nicht verändern und zum anderen gibt es immer noch ein paar Bereiche, die noch einen grünen Spill aufweisen.

Eine weitere Möglichkeit ist es, die Expression umzuschreiben, dass man anstelle des Rotkanals den Blaukanal verwendet.

Daraus ergibt sich: $g > b ? b : g$

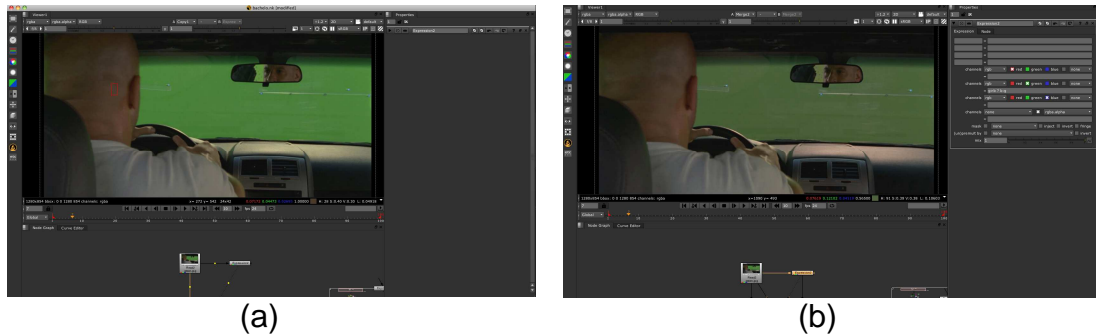


Abbildung 20: (a) zeigt das Original, (b) Bild mit Farbtonverlagerung

Mit dieser Expression entsteht ein schöner sauberer Despill, aber die Hintergrundfarbe hat bloß leicht Farbtonverlagerung bekommen (siehe Abbildung 20).

Um die Vorteile beider Expressions ausnutzen zu können müssen beide Farbkanäle mit in eine Gleichung einfließen.

Was dann wie folgt aussieht: $g > (r+b)/2 ? (r+b)/2 : g$

Das bedeutet: wenn Grün größer ist als der Durchschnitt von Rot und Blau wollen wir den Durchschnitt von Rot und Blau und wo Grün nicht größer ist als der Durchschnitt von Rot und Blau wollen wir Grün.

Was wir jetzt haben ist ein sauberer Despill. Das Grün an den Kanten ist komplett verschwunden und der Hintergrund hat eine Farbtonverlagerung bekommen. (siehe Abbildung 21)

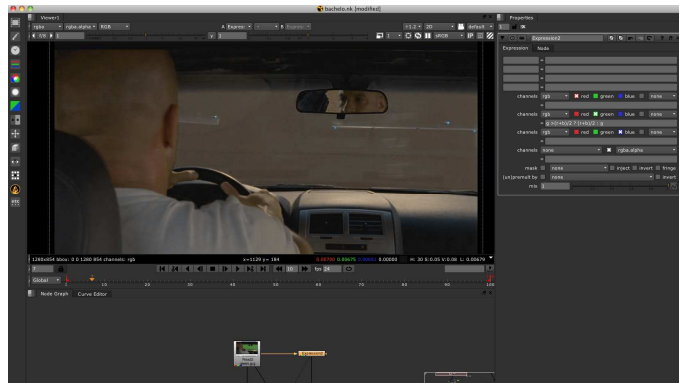


Abbildung 21: Bild mit kombinierter Expression

Auf diese Art und Weise kann man sich in einem Bruchteil von Sekunden eine Despillmatte erstellen und diese für seine Komposition nutzen.

Der einzige Nachteil bei dieser Methode ist: das Despillfarbe sich nicht ändern lässt. Falls die Despillfarbe auch nicht zu der Hintergrundfarbe passt hat diese ihren Zweck nicht erfüllt. Im anschließenden Kapitel stelle ich eine Despill Variante vor, die einen sauberen Despill aufweist (welche auf der Expression-Variante basiert) und die Möglichkeit die Farbigkeit des Despills zu ändern.

6.2.2 Farbigkeit des Despills ändern

Die Unterdrückung der Spillfarbe führt nicht immer zur Verbesserung der Integration der Elemente in den Shots.

Das heißt:

Wenn die "despilled" Farbe nicht in dem Hintergrund- Element vorhanden ist wird es genau so out-of-place als der Spill selbst. In diesem Kapitel beschreibe ich die Technik, wie der Spillfarbe eingestellt werden muss um den Hintergrund an unserem Vordergrund anzupassen.

Um eine bessere Kontrolle über den Despill zu haben zerlegt man das Ausgangsmaterial in die 3 Grundfarben Rot, Grün und Blau.

Wie in Abbildung 22 zu sehen ist wird dieser Vorgang mit Hilfe der Shuffle-Node in Nuke erreicht.

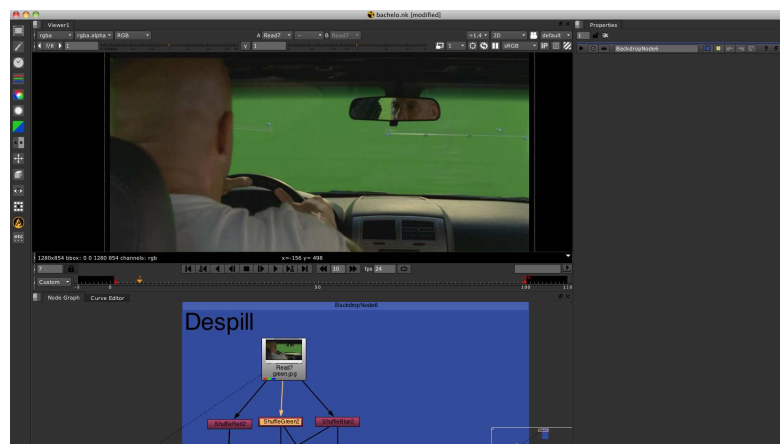


Abbildung 22: Ausgangsmaterial wird in die Grundfarben zerlegt

Als nächsten Schritt bildet man wieder den Durchschnitt vom Rot- und Blaukanal. Danach wird der Grünkanal vom Durchschnitt des Rot- und Blaukanals subtrahiert.

Um Negativwerte sowie Werte über eins auszuschließen wird eine Clamp-Node mit eingefügt.(siehe Abbildung 23)

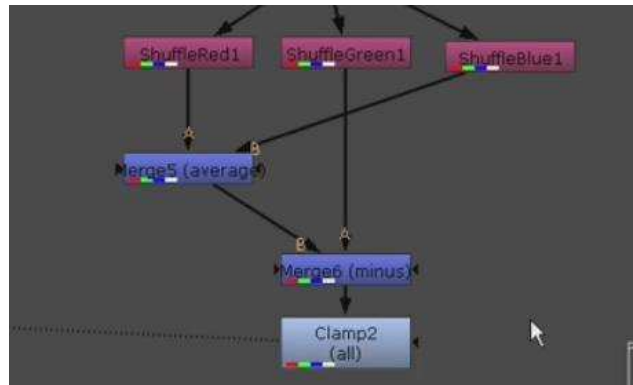
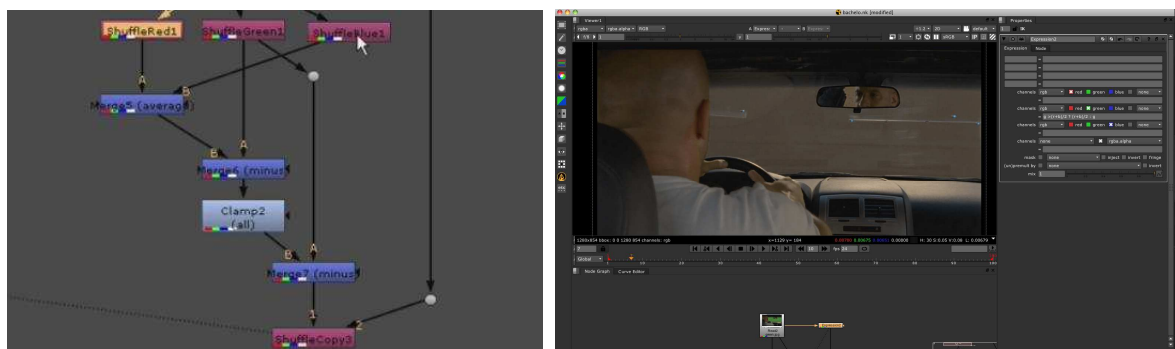


Abbildung 23: Clamp-Node verhindert Negativ Werte so wie Werte über 1.0

Als vorletzten Schritt wird der Grünkanal noch einmal von dem gerade gebauten Strang subtrahiert. Zu guter letzt wird dann der Grünkanal in das Ausgangsmaterial geshuffelt.

Was jetzt entstanden ist, ist eine Despill-Matte die zu 100% identisch ist wie die in Kapitel 6.2.1 erstellte Despill-Matte mit Hilfe von Expressions.



(a)

(b)

Abbildung 24: (a) zeigt Nukeskript des Despills, (b) zeigt das daraus entstandene Bild

Bis zu diesem Punkt ist kein Unterschied zuerkennen, außer der Tatsache, dass das erstellen dieser Despillmatte wesentlich länger dauert und mehr Nodes beinhaltet.

ABER!!!

Wenn man vor der Clamp-Node noch eine ColorLookup-Node platziert, ist es möglich die einzelnen Farbkanäle zu regulieren. Dies hat zur Folge, dass die Farbigkeit der Despill-Matte beliebig geändert werden kann. Nur durch ein leichtes verschieben der einzelnen Farbgreier lässt sich die gewünschte Farbigkeit einstellen. (siehe Beispiel in Abbildung 25)

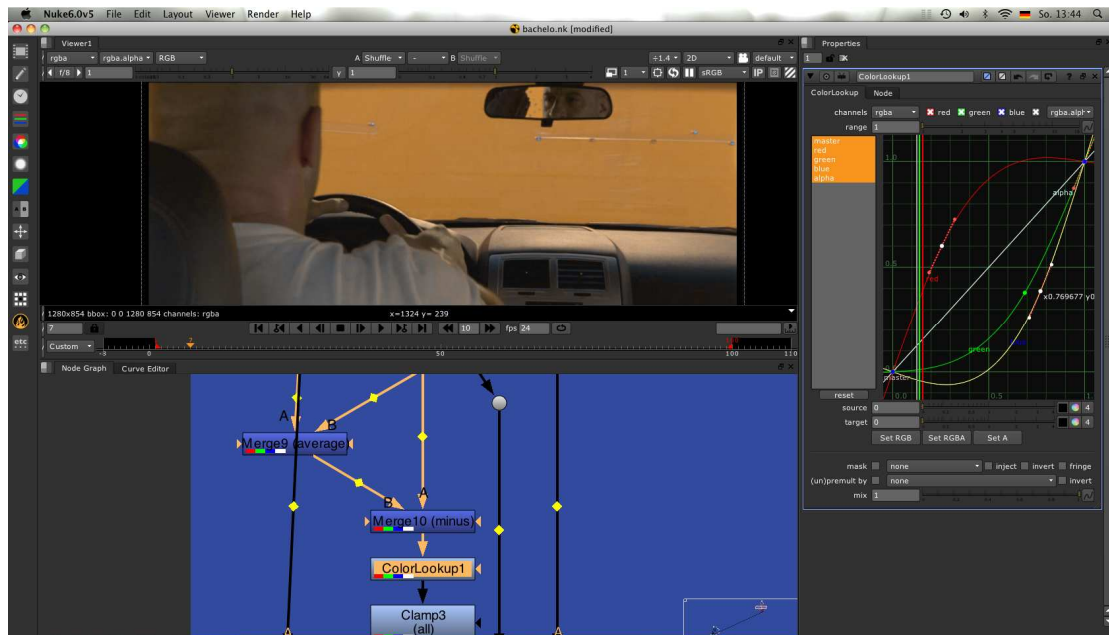


Abbildung 25: mit der ColorLookup-Node kann man die Spillfarbe bestimmen

Mit dieser Methode und den bereits erstellten Key hat man eine perfekte Grundlage geschaffen, um den Hintergrund fotorealistisch dem Vordergrund anzugleichen.

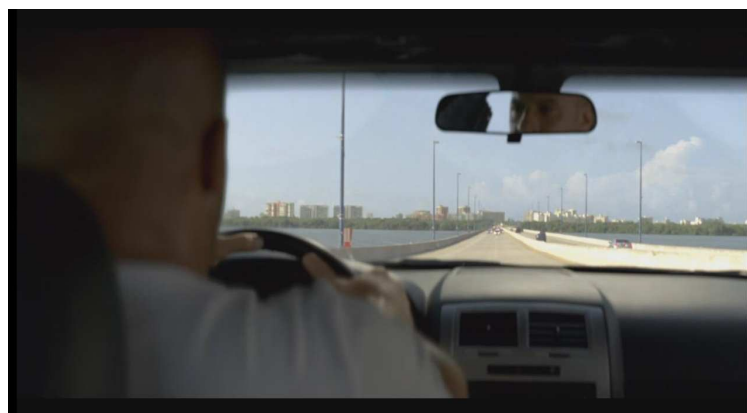


Abbildung 26: fertige Komposition

7. Schlussbetrachtung

Diese Bachelor Thesis hat die unterschiedlichen Arten und Möglichkeiten von Keyern aufgezeigt.

Dabei ist es wichtig, dass schon am Set eine präzise Arbeit durchgeführt werden muss, um eine gute Qualität und Weiterverarbeitung in der Postproduktion zu gewährleisten.

Wie an dem Beispiel-Shot zu erkennen war, muss jeder Greenscreenshot separat behandelt werden. Man kann also keinen ultimativen Key erstellen welcher für jeden Shot ein perfektes Ergebnis liefert. So bleibt es immer eine Handarbeit, wobei ein Compositing-Artist und die perfekte Beherrschung der Software unverzichtbar ist.

Das Keying gehört zu den innovativen Techniken, die den Filmmachern einen großen Spielraum für die Verwirklichung ihrer Ideen bereitet. Das digitale Verfahren ermöglicht 2D- und 3D Bilder mit dieser Tricktechnik zu erstellen.

Der kurze Einblick in die Geschichte des Films und des Filmtricks verdeutlicht die schnelle Entwicklung der Technik und technischen Möglichkeiten. Film ist auch immer eine gemeinschaftliche Arbeit. Technik und Tricks sind nicht alles, die einen erfolgreichen Film auszeichnen. Drehbuchautoren, eine gute Geschichte, bekannte Darsteller, Produzenten, die finanzielle Mittel zur Verfügung stellen und der Zuschauer, der sich an beeindruckende, spannende Filmszenen erinnert, haben einen hohen Anteil am Erfolg oder Misserfolg des zu produzierenden Films.

Heute steht auf meiner Kino-Karte - „Urlaub vom Alltag“



Abbildung 27: Kinokarte von dem Film "Fast & Furious Five"

8. Glossar

CG bzw. CGI	Abkürzung für Computer Generated Image(s)
Compositing	"Unter Compositing versteht man die Kombination zweier oder mehrerer verschiedener Bildelemente zu einem gemeinsamen Ganzen bzw. die Integration von CG-Elementen". ¹
Key	"Sammelbegriff für verschiedene Funktionen, die das partielle Kombinieren zweier Videobilder zu einem neuen Bild erlauben. Beispiele sind Farb- (Chromakey) und Helligkeitsstanze (Luminanzkey)". ²
Node	Funktionen zur Bildverarbeitung, (z.B. ein Weichzeichnungseffekt) werden in Nuke als Knoten (engl. Nodes) dargestellt und über Kanten miteinander verknüpft.
Shot	Bildsequenz von Schnitt zu Schnitt
Sequenz	Abschnitt eines Films, der aus mehreren Szenen besteht
Szene	Zusammengehörige Shots, die einen kleinen Teilabschnitt eines Films bilden
VFX	Abkürzung für Visual-Effects. FX steht für Effects.

^{1,2} aus --> <http://www.film-tv-video.de/glossar.html> - Stand.17.02.2012

9. Literatur- und Quellenverzeichnis

A.1 Bücher

- Wright, Steve (2006): Digital Compositing for Film and Video. Focal Press, Second Edition
- Okun, Jeffery A. and Zwerman, Susan (2010): The VES Handbook of Visual Effects. Focal Press
- Hanke, Jeremy and Yamazaki, Michele (2009) :Greenscreen Made Easy: Keying and Compositing Techniques for Indie Filmmakers. Michael Wiese Prod
- Monaco, James (2009): Film verstehen: Kunst, Technik, Sprache, Geschichte und Theorie des Films und der Neuen Medien. Rowohlt Tb.
- Glintenkamp, Pamela (2011): Industrial Light & Magic: The Art of Innovation. Abrams

9. Literatur- und Quellenverzeichnis

A.2 Internet

- [movie-college] Stand: 12.02.2012
<http://www.movie-college.de/filmschule/filmtrick/bluebox.htm>
- [adobe] Stand: 13.02.2012
http://help.adobe.com/de_DE/AfterEffects/9.0/WS3878526689cb91655866c1103906c6dea-7bfda.html
- [flocolada-film] Stand: 12.02.2012
<http://www.flocolada.com/film/index.htm>
- [The Blue / Green Screen Page] Stand: 12.02.2012
http://www.seanet.com/~bradford/blue_green_screen_visual_effects_1.html
- [Die-Fotoschule] Stand: 13.02.2012
<http://www.ralfonso.de/Fotoschule/fotoschule156.html>
- [film-tv-video] Stand: 12.02.2012
http://www.film-tv-video.de/glossar_entries.html?&tx_sgglossary_pi1%5Bsearch%5D%5Babc%5D=a%C3%A4&tx_sgglossary_pi1%5Bsearchmode%5D=1
- [Planet-Wissen] Stand: 13.02.2012
http://www.planet-wissen.de/kultur_medien/kino/filmtricks/index.jsp
- [Filmtechnik & Filmwissenschaften] Stand: 12.02.2012
<http://stephan-broessel.suite101.de/attraktionen-des-fruehen-kinos-a115313>
- [Chung Yung-Yu] Stand: 13.02.2012
http://www.csie.ntu.edu.tw/~cyy/courses/vfx/06spring/lectures/handouts/lec10_matting.pdf
- [Autodesk] Stand: 13.02.2012
<http://download.autodesk.com/us/systemdocs/help/2010/flame2010/help/index.html?url=WScba3ee2b36d8cb6f7af539341162be3a0c5-7ffe.htm,topicNumber=d0e108169>

10. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: aus Okun, S. 123

Abbildung 2: von <http://www.videomaker.com/article/14933/>

Stand: 15.02.2012

Abbildung 3: aus Chung, S.46

Abbildung 4 Eigene Herstellung

Abbildung 5: aus Wright, S.21

Abbildung 6: aus Chung, S.15

Abbildung 7: aus Wright, S.41

Abbildung 8: aus Chung, S.14

Abbildung 9: aus Chung, S.14

Abbildung 10: aus Chung, S.14

Abbildung 11: Eigene Herstellung

Abbildung 12: siehe [Autodesk] aus Kapitel 9.Literatur-und
Quellenverzeichnis A.2 Internet

Abbildung 13: Eigene Herstellung

Abbildung 14: Eigene Herstellung

Abbildung 15: Eigene Herstellung

Abbildung 16: Eigene Herstellung

Abbildung 17: Eigene Herstellung

Abbildung 18: Eigene Herstellung

Abbildung 19: Eigene Herstellung

Abbildung 20: Eigene Herstellung

Abbildung 21: Eigene Herstellung

Abbildung 22: Eigene Herstellung

Abbildung 23: Eigene Herstellung

Abbildung 24: Eigene Herstellung

Abbildung 25: Eigene Herstellung

Abbildung 26: Eigene Herstellung

Abbildung 27: Kopie einer Kinokarte aus dem Capitol-Kino, Bahnhofstraße 33,
in 08523 Plauen (am 27.04.2011)